

Исследование наночастиц меди методом сканирующей зондовой микроскопии

Н.Н. Беглецова^{1,2}, И.А. Горбачев^{1,2}, Е.И. Селифонова², Р.К. Чернова^{2,3}, Е.Г. Глуховской^{1,2}

¹*Факультет нано- и биомедицинских технологий, Саратовский государственный университет, 410012, Саратов, Россия
nadya-beg98@yandex.ru*

²*Образовательно-научный институт наноструктур и биосистем, Саратовский государственный университет, 410012, Саратов, Россия*

³*Институт химии, Саратовский государственный университет, 410012, Саратов, Россия*

В данной работе получали мицеллярный раствор с НЧ меди, стабилизированными ПАВ анионного типа — додецилсульфатом натрия (ДДС) $C_{12}H_{25}NaO_4S$ в щелочной среде при $pH \approx 10$, в качестве восстановителя использовали гидразин гидрат (ГГ) $N_2H_4 \cdot H_2O$. Спектрофотометрическое исследование полученного раствора на спектрофотометре SHIMADZU UV-2550 в диапазоне длин волн 190-900 нм показало наличие пика поглощения излучения при длине волны 580 нм, соответствующего НЧ меди.

Investigation of copper nanoparticles by the method of scanning probe microscopy

N.N. Begletsova^{1,2}, I.A. Gorbachev^{1,2}, E.I. Selifonova², R.K. Chernova^{2,3}, E.G. Glukhovskoy^{1,2}

¹*Department of Nano- and Biomedical Technologies, Saratov State University, 410012, Saratov, Russia*

²*Education and Research Institute of Nanostructures and Biosystems, Saratov State University, 410012, Saratov, Russia*

³*Institute of chemistry, Saratov State University, Saratov State University, 410012, Saratov, Russia*

In this work a micellar solution was prepared with copper NPs stabilized by an anionic surfactant — sodium dodecyl sulfate (SDS) $C_{12}H_{25}NaO_4S$ at $pH \approx 10$. Hydrazine hydrate (HH) $N_2H_4 \cdot H_2O$ was used as the reducing agent. Spectrophotometric study of the obtained solution by means of SHIMADZU UV-2550 spectrophotometer in the wavelength range 190-900 nm is showed the presence of a radiation absorption peak at 580 nm corresponding of copper NPs.

The study of images of copper NPs on the glass substrates with an ITO layer (Indium Tin Oxide) was carried out by scanning probe microscopy (SPM) in atomic-force microscopy (AFM) and scanning tunneling microscopy (STM) by means of NanoEducator. The AFM images were obtained and the current-voltage characteristics of the copper NPs were recorded (Fig. 1 (a) and (b), respectively).

Синтезу металлических наночастиц (НЧ), в частности НЧ меди, уделяется повышенный интерес исследователей, что связано с проводящими и оптическими свойствами НЧ меди, отличающимися от объемных материалов. Медные НЧ нашли широкое применение в качестве сенсоров газовых датчиков [1], в виде материала солнечных батарей [2] и т.д. Наиболее часто используемым методом получения НЧ меди является метод химического восстановления в мицеллах поверхностно-активного вещества (ПАВ) [3, 4].

В работе получали мицеллярный раствор с наночастицами меди, стабилизированными ПАВ анионного типа — додецилсульфатом натрия (ДДС) $C_{12}H_{25}NaO_4S$ в щелочной среде при $pH = 10$, в качестве восстановителя использовали гидразин гидрат (ГГ) $N_2H_4 \cdot H_2O$. В водных растворах ПАВа при концентрации выше критической концентрации мицеллообразования (ККМ) формируют прямые мицеллы, внутреннюю часть (ядро) которых рассматривают как пространство для процесса восстановления ионов меди до наночастиц. В таком случае мицелла представляет собой нанореактор, который защищает наночастицы меди от окисления под действием кислорода из окружающей среды. Спектрофотометрическое исследование полученного

раствора на спектрофотометре SHIMADZU UV-2550 в диапазоне длин волн 190-900 нм показало наличие наночастиц чистой меди в мицеллярном растворе, что видно по характерному пику поглощения при 580 нм, соответствующего поверхностному плазмонному резонансу (ППР).

Исследование образцов с НЧ меди на подложках стекла со слоем ИТО (Indium Tin Oxide) проводилось методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) в режимах атомно-силовой микроскопии (АСМ) и сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) на установке NanoEducator. Были получены АСМ-изображения и записаны вольт-амперные характеристики (ВАХ) НЧ меди (Рис. 1 (а) и (б), соответственно).

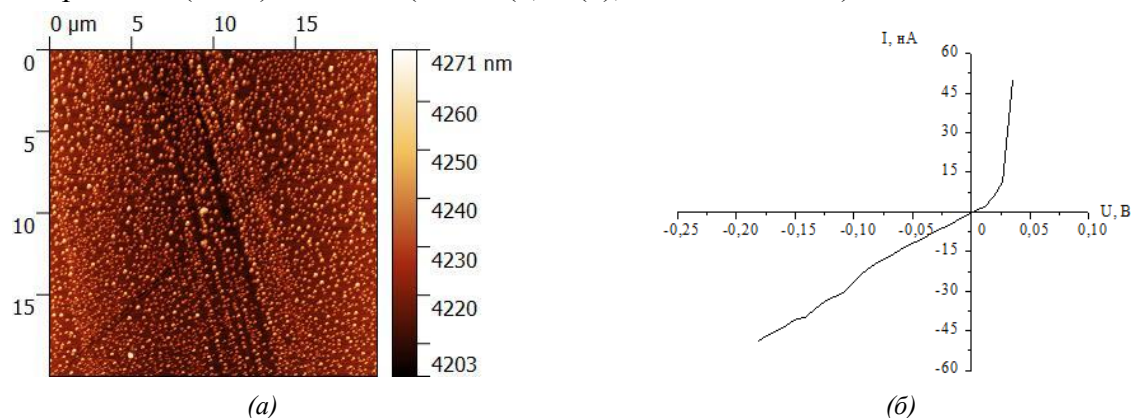


Рисунок 1. (а) АСМ-изображение и (б) ВАХ НЧ меди на стеклянной подложке со слоем ИТО.

Рисунок 1 показывает, что на поверхности стекла со слоем ИТО формируются кластеры НЧ меди со средними размерами в плоскости образца от 300 нм и более, высота которых может достигать 68 нм. На полученных ВАХ НЧ меди можно видеть сильную нелинейность в области близкой к нулю и отдельные линейные участки с различными углами наклона в диапазонах положительных и отрицательных напряжений. Различие сопротивлений, рассчитанных для этих диапазонов, составило несколько десятков раз, что может косвенно свидетельствовать о частичном окислении НЧ меди и переходом в полупроводниковое состояние.

Таким образом, СЗМ методы (анализ АСМ-образов, поверхности), исследование методами ВАХ, записанных с помощью СТМ, а так же результаты спектрофотометрического анализа показали возможность синтеза НЧ меди в мицеллах ПАВ анионного типа методом химического восстановления.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-12-00275) и Национального исследовательского Саратовского государственного университета.

1. V. Cretu, V. Postica, A. K. Mishra, L. Oleg, *J. Mater. Chem. A* **4**, 6527 (2016).
2. R.A.M. El Khashab, A.A. Nayl, E.M. Badawy, T.A. El Malah, *J. Chem. Chem. Eng* **10**, 341 (2016).
3. Н.Н. Беглецова, О.А. Шинкаренко, Е.И. Селифонова, О.Ю. Цветкова, А.М. Захаревич, Д.В. Терин, Р.К. Чернова, Е.Г. Глуховской, *Материалы Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием. Практическая биомеханика (Сборник тезисов)*, 70 (2016).
4. Е.Г. Глуховской, Р.К. Чернова, Н.Н. Беглецова, О.А. Шинкаренко, Е.И. Селифонова, О.Ю. Цветкова, Е.В. Глуховская, *Нанотехнологии на границах раздела*, Саратовский источник, 105 (2017).